



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL LITORAL



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO

UNIVERSIDAD: Universidad Nacional de La Plata

NUCLEO DISCIPLINARIO: Energía

TITULO DEL TRABAJO: CULTIVO DE SOJA PARA LA PRODUCCIÓN DE AGROCOMBUSTIBLES (BODIESEL) EN LA PAMPA HÚMEDA: ENERGÍA INVERTIDA EN LA REGULACIÓN BIÓTICA

AUTOR(es): María José Iermanó & Santiago Sarandón

CORREOS ELECTRONICOS DE LOS AUTORES: mariajoseiermano@gmail.com;

sarandon@agro.unlp.edu.ar

PALABRAS CLAVES: agroecología, agrobiodiversidad, sistemas extensivos

PALAVRAS-CHAVE: agroecologia, agrobiodiversidade, sistemas extensivos

Resumen

La creciente demanda de energía y la confirmación de la escasez de combustible fósil en el corto plazo, han posicionado a los agrocombustibles como posibles soluciones a esta crisis. Sin embargo, su producción y distribución a escala masiva es poco viable, tanto por la superficie requerida, como por la baja eficiencia energética del proceso productivo. Por ello, es preciso replantear el modelo de producción de los cultivos extensivos, a fin de lograr sistemas de producción de bajo uso de energía. El objetivo de este trabajo es comparar la inversión energética en concepto de insumos utilizados para la regulación biótica en el cultivo de soja bajo diferentes estrategias productivas, y analizar estos resultados relacionándolos con la biodiversidad cultivada presente en los sistemas productivos. Se seleccionaron 2 tipos de estrategias productivas: un sistema de monocultivo de soja y un sistema mixto de agricultura y ganadería. Se calculó la entrada de energía asociada derivada de los insumos utilizados para el control de malezas, plagas y enfermedades. Se determinó la biodiversidad cultivada a escala de paisaje mediante el índice de diversidad de Shannon, teniendo en cuenta los cultivos presentes en el sistema y la superficie relativa ocupada por cada uno de ellos. Se encontró que la inversión energética fue de 3217,7 MJ/ha en los sistemas de monocultivo y de 2348,5 MJ/ha en los sistemas mixtos, mientras que el índice de Shannon arrojó valores de 0 y 0,70 respectivamente. Los resultados muestran que los sistemas de producción mixtos realizan un menor uso de energía para el control de adversidades bióticas, al mismo tiempo que poseen una mayor diversidad cultivada. Esto podría sugerir la existencia de alguna relación entre la presencia de biodiversidad y el funcionamiento del proceso ecológico de regulación biótica presente en los agroecosistemas, de manera que haga posible un menor uso de insumos. Estos resultados serían un gran aporte para el diseño de sistemas productivos con menor uso de insumos y mayor uso de las tecnología de procesos, lo cual permite avanzar hacia sistemas productivos extensivos de base agroecológica. Esto contribuye enormemente al logro de una agricultura sustentable.

Introducción

La posibilidad de agotamiento del petróleo, ha generado una intensa búsqueda de sustitutos alternativos capaces de mantener los actuales niveles y patrones de consumo de energía. Entre ellos, se destacan los agrocombustibles, derivados de la biomasa vegetal: etanol y biodiesel. Este último es considerado con buenas perspectivas en La República Argentina por las posibilidades de autoabastecimiento de la materia prima principal (Hilbert, 2009). Esta situación ubica a la agricultura como uno de los soportes del abastecimiento de energía del país.

Sin embargo, el modelo agrícola moderno se basa en el uso de elevadas cantidades de insumos derivados del petróleo, en forma de aportes directos e indirectos. Por lo tanto, la producción de cultivos energéticos tropieza con importantes inconvenientes. La viabilidad de la producción de biodiesel a gran escala y bajo los actuales modelos productivos, ha sido cuestionada recientemente (Iermanó & Sarandón, 2009a).

El aumento del rendimiento de los cultivos (eficiencia en la producción de biomasa por unidad de superficie) no resulta una alternativa válida, ya que lo que se pretende es “cosechar energía”. Aunque, en general, un mayor aporte de energía externa en forma de insumos o combustible, se traduce en mayor productividad de los sistemas agrícolas, este aumento no es proporcional a la energía invertida, y, por lo tanto, la eficiencia energética de los sistemas (energía obtenida por unidad de energía invertida) puede disminuir. Iermanó & Sarandón (2009a) evaluaron la eficiencia energética de la producción de biodiesel a partir del algodón, colza, girasol y soja y encontraron que el algodón y la soja presentaron valores de eficiencia energética menores a 1, indicando que se obtuvo menos energía (como biodiesel) que la que se invirtió en su obtención. La colza apenas superó la unidad. Por lo tanto, la producción de biodiesel como combustible sustituto del petróleo, requiere aumentar la eficiencia en el uso de la energía.

Varios trabajos han analizado la proporción de la energía total, que ha sido necesario invertir para reemplazar a los procesos ecológicos de regulación biótica y ciclo de nutrientes, lo cual varía de acuerdo al cultivo analizado y a la técnica asociada (Iermanó & Sarandón, 2009b; Ozkan et al., 2004; Gezer, et al., 2003). Por lo tanto, es preciso entender y fortalecer los procesos propios del ecosistema que permitan disminuir el uso de insumos, a través del diseño de sistemas que privilegien las tecnologías de procesos por sobre aquellas basadas en insumos.

En los últimos años se ha revalorizado el rol de la biodiversidad por la importancia de los servicios ecológicos que brinda, entre los cuáles se encuentran, entre otros, el ciclo de nutrientes y la regulación biótica (Swift et al., 2004), aspectos sumamente importantes en los agroecosistemas. El mantenimiento de estos servicios y de la diversidad total del sistema está principalmente determinado por la naturaleza de las comunidades de plantas (Altieri & Nicholls, 1999; Swift et al., 2004). Un manejo adecuado de la agrobiodiversidad puede permitir que los sistemas agrícolas reciclen nutrientes, reduzcan problemas de plagas y enfermedades, controlen las malezas y manejen el estrés climático y, al mismo tiempo, que produzcan alimentos ricos en nutrientes y satisfagan otras necesidades de vida.

La Región Pampeana es la principal región para la producción de cultivos del país. La provincia de Buenos Aires posee una superficie implantada con diversos cultivos del 42,5 %; en conjunto la soja, el girasol, el maíz y el trigo representan más del 60 % de dicha superficie (MAA, 2007). Por lo tanto, es una de las regiones más importantes para la producción de los principales cultivos oleaginosos. No obstante, estos sistemas productivos, se caracterizan, en general, por una baja diversidad y un elevado uso de insumos.

Sin embargo, también existen otras estrategias de producción, basadas en una menor dependencia de insumos. Estos sistemas de producción, que integran la agricultura y la ganadería pastoril, están basados más en tecnologías de procesos que en insumos y tienen una planificación temporal de largo plazo. En ellos, el uso de la energía en el proceso productivo puede ser más eficiente que en los sistemas puramente agrícolas, altamente tecnificados basados en insumos, por lo que pueden brindar importante información para el diseño más adecuado de sistemas agrícolas para la producción de energía. El manejo de la diversificación productiva presupone un conocimiento por parte del productor, y posibilita indirectamente el ensamblaje de la biodiversidad que luego proporciona los servicios ecológicos (procesos ecológicos o funciones del ecosistema).

Objetivo

El objetivo de este trabajo es comparar la inversión energética en concepto de insumos utilizados para la regulación biótica en el cultivo de soja bajo diferentes estrategias productivas, y analizar estos resultados relacionándolos con la biodiversidad cultivada presente en los sistemas productivos.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron 2 tipos de estrategias productivas sobre las cuáles se realizaron los cálculos: un sistema de monocultivo de soja y un sistema mixto agrícola-ganadero. En el primer caso se ha establecido un modelo teórico representativo de la tecnología que usualmente se emplea en la zona núcleo (norte de Buenos Aires, Sur de Córdoba y Santa Fe), en base a los Márgenes Brutos presentados por el INTA (2006), SAGPYA (2008) y AACREA (2006), entre otros. Estos sistemas responden a un tipo de establecimiento empresarial de superficie superior a las 1000 ha. Se consideró que el único cultivo que se realiza en el campo es la soja de primera. Las parcelas son de gran superficie y no conservan vegetación espontánea en los bordes, sino que se realiza un desmalezado químico.

El sistema mixto agrícola-ganadero es un sistema real de producción del centro norte de la Provincia de Buenos Aires, el cuál puede tomarse como modelo de los sistemas de producción mixtos familiares cuya superficie se encuentra entre las 200 y 500 ha. En estos sistemas, la integración con la ganadería y, en consecuencia, la necesidad de una determinada oferta forrajera, establece la incorporación, además de los cultivos agrícolas, de las pasturas perennes y los verdeos. Asimismo, los lotes tienen una superficie reducida (entre 10 y 30 ha) y se mantiene presentes las borduras de vegetación espontánea.

Se analizó la energía incorporada al sistema de producción agrícola detectando los insumos que se utilizan para controlar las adversidades bióticas y que, en cierta medida, estarían reemplazando a la función de regulación biótica propia de los ecosistemas. Se calculó la entrada de energía asociada derivada de los insumos utilizados para el control de malezas, plagas y enfermedades. Para calcular la inversión energética las entradas fueron convertidas en unidades equivalentes (MJ) por medio de tablas de diferentes autores (Zentner, 2004; Borin, 1997; Hernanz et al., 1995). Los insumos involucrados son: plaguicidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas), pulverizadora y combustible utilizado para el control de adversidades bióticas durante el desarrollo del cultivo.

Se determinó la biodiversidad cultivada a escala de paisaje mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener, teniendo en cuenta los cultivos presentes en el sistema y la superficie relativa ocupada por cada uno de ellos (Moreno, 2001).

Resultados

En las tablas siguientes se encuentran los resultados obtenidos acerca de la inversión energética en la regulación biótica. En las mismas se observa que los insumos utilizados en concepto de control de plagas, enfermedades y malezas son los mismos, pero difieren en las cantidades aplicadas. En el sistema mixto se aplica menor cantidad de insecticida y de herbicida.

Tabla 1: Energía invertida en el proceso de regulación biótica en el cultivo de soja en un sistema de producción de agricultura (monocultivo de soja).

Insumo	Cantidad	Unidad	Energía por insumo	Unidad	Energía (MJ)
Pulverizadora	3	---	15,11	MJ/ha	45,3
Combustible	3,3	l/ha	44	MJ/l	145,2
Glifosato	5	l/ha	511	MJ/l	2555,0
Cipermetrina	0,12	l/ha	355	MJ/l	42,6
Endosulfan	1	l/ha	355	MJ/l	355,0
Curasemilla	0,21	kg/ha	355	MJ/l	74,6
Total					3217,7

Tabla 2: Energía Invertida en el proceso de regulación biótica en el cultivo de soja en un sistema de producción mixto.

Insumo	Cantidad	Unidad	Energía por insumo	Unidad	Energía (MJ)
Pulverizadora	2	---	15,11	MJ/ha	30,2
Combustible	2,2	l/ha	44	MJ/l	96,8
Glifosato	4	l/ha	511	MJ/l	2044,0
Cipermetrina	0,1	l/ha	355	MJ/l	35,5
Endosulfan	0,4	l/ha	355	MJ/l	142,0
Total					2348,5

En relación al índice de diversidad de Shannon-Wiener, el mismo arrojó valores de 0 para el sistema en monocultivo debido a que en ese sistema solamente se produce un cultivo. En el caso del sistema mixto su valor fue de 0,7 dado que hay una mayor cantidad de cultivos que forman parte del sistema. Esto último se puede apreciar en la tabla que se muestra a continuación, en la que se detallan los cultivos presentes en el sistema y la superficie que ocupan.

Tabla 3: listado de especies cultivadas y la superficie que ocupan en el sistema mixto de producción.

Listado de especies cultivadas	Superficie Sembrada (ha)
Maíz	36
Pastura 1 (Alfalfa, Trébol rojo, Trébol blanco, Cebadilla)	57
Pastura 2 (Trébol rojo, Trébol blanco, Cebadilla)	13,5
Sorgo Forrajero	30
Sorgo Granífero	8
Soja	56
Total	200,5

Discusión

Los agrocombustibles, especialmente el biodiesel, son considerados una de las alternativas más importantes a los combustibles fósiles y han suscitado un gran interés en varios países de Latinoamérica, entre ellos Argentina. Sin embargo, tal como lo han señalado otros estudios (Wolf et al., 2003; Iermanó & Sarandon, 2009a), la posibilidad de producir agrocombustibles a gran escala plantea una serie de impedimentos para un manejo sustentable.

Desde un punto de vista energético, la producción de cultivos para biodiesel deberá lograr producir más energía que la que requiere su elaboración. Sin embargo, la agricultura moderna se ha caracterizado por lograr altos niveles de producción a costa de elevados insumos energéticos (Dazhon & Pimentel, 1990), que en todos los casos, están reemplazando procesos ecológicos, como la regulación biótica o el ciclo de nutrientes.

El control de adversidades, en reemplazo del proceso de regulación biótica, constituye una parte importante del uso de la energía, dependiendo de los cultivos y el tipo de producción. En soja Iermanó & Sarandón (2009b) han mostrado que un 39% del total de energía invertida ha sido en insumos destinados al control de adversidades bióticas. Por ello, es importante encontrar estrategias de manejo alternativas, que permitan disminuir el uso de plaguicidas.

El gasto energético, para asegurar la regulación biótica del sistema, es atribuible a la disminución de la biodiversidad en los agroecosistemas que simplifica la cadenas tróficas (por la eliminación de las fuentes de alimentación y refugio de los enemigos naturales) y promueve una alta concentración de recursos alimenticios para las plagas (Swift et al., 2004). Por otra parte, la alta inversión de energía asociada al uso de herbicidas sugiere la necesidad de buscar alternativas de manejo de malezas energéticamente más eficientes.

En este trabajo se puede observar que podría existir alguna relación entre la presencia de biodiversidad y el funcionamiento del proceso ecológico de regulación biótica presente en los agroecosistemas, y que esto hace posible un menor uso de insumos. Esto queda reflejado en los resultados, ya que se observan diferencias en la inversión de energía en los dos sistemas analizados. En el sistema mixto, los valores que arrojó el cálculo del índice de diversidad de Shannon-Wiener demuestran la existencia de una mayor diversidad y el menor valor de energía invertida demuestra un menor uso de insumos.

Los insumos utilizados en ambos sistemas son los mismos, pero difieren en las cantidades aplicadas. Así, en el sistema mixto se aplica menor cantidad de insecticida (la mitad de la dosis de endosulfan) y de herbicida (se realiza una aplicación menos de glifosato), lo cuál puede ser producto de una menor incidencia de las adversidades debido una menor concentración del recurso alimenticio, una mayor presencia de hábitats alternativos y una reducción de la posibilidad de que ciertas malezas se conviertan en población dominante.

Esto se relaciona con el diseño y manejo del campo, ya que la complementación entre agricultura y ganadería pastoril implica que haya más diversidad de especies cultivadas, un mayor parcelamiento y rotaciones en tiempo y espacio. Un campo más fraccionado tiene una relación perímetro superficie mayor, posibilitando la presencia de un mayor número de ambientes seminaturales constituidos por las borduras. Estos ambientes seminaturales son ampliamente reconocidos como reservorio de la biodiversidad (Swift et al., 2004).

Asimismo, la alternancia de superficie agrícola y ganadera impide el predominio de algunas malezas, ya que el componente temporal de las pasturas perennes disminuye la colonización de las especies de malezas invasoras cuando están en presencia de muchos recursos disponibles que no son aprovechados por el cultivo, como es el caso de un lote en agricultura continua. Estas estrategias han sido señaladas para un manejo sustentable de malezas (Acciaresi H y S Sarandón, 2005).

Las estrategias de diversificación agroecológicas operan en este sentido, dado que tienden a incrementar la biodiversidad funcional de los agroecosistemas a través del rediseño de los sistemas productivos, transformando su estructura y optimizando los procesos claves (Altieri & Nichols, 2007). Esto demuestra que el modelo de agricultura para producir energía debe ser conceptualmente diferente al necesario para obtener alta productividad.

Los datos aquí analizados son muy importantes ya que permiten vislumbrar hacia donde se debe orientar la investigación agroecológica en los sistemas extensivos de la Región Pampeana. Si bien existen muchas líneas de investigación que están orientadas a la transición desde sistemas convencionales hacia sistemas agroecológicos, son pocas las que centran su atención en los sistemas agropecuarios extensivos. Aún así, todas estas líneas coinciden en que la biodiversidad en todas sus escalas es la clave para lograr sistemas más sustentables, con lo cual es preciso el rediseño de los actuales sistemas productivos (Altieri & Nichols, 2007).

Conclusiones

Se concluye que para hacer más eficiente la “cosecha de energía” en cultivos destinados a la producción de agrocombustibles, es preciso disminuir el gasto energético debido a la incorporación de insumos, favoreciendo prácticas de manejo que potencien los procesos propios de los ecosistemas y aumenten su estabilidad.

Bibliografía

- AACREA (Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola). Visitada el 14 de marzo. 2006. Online. Disponible en Internet <http://www.aacrea.com.ar>
- Altieri M & C Nicholls (1999). Biodiversity, Ecosystem Function, and Insect Management In Agricultural Systems. En: Biodiversity in Agroecosystems WW Collins & CO Qualset (Eds.), CRC Press LLC, 1999. Cap 5, p.69-84.
- Altieri M & C Nichols (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas n.16(1), p.3-12.
- Acciaresi H y S Sarandon (2005) Elementos para el manejo de malezas en una agricultura sustentable. Material didáctico en CD del Curso de Agroecología Agricultura y Sustentable.
- Borin M, Menini C & Sartori L (1997). Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. Soil & Tillage Research n.40, p.209-226.
- Dazhong, W.; Pimentel, D. Energy flow in Agroecosystems of Northeast China. En: Gliessman, S. (Ed.) Agroecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture: Springer-Verlag, p.322-336, 1990.
- Gezer I, Acaroglu M & H Haciseferogullari (2003). Use of energy and labour in apricot agriculture in Turkey. Biomass and Bioenergy, n.24, p.215-219.
- Hernández JL, VS Girón & C Cerisola (1995). Long term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. Soil & Tillage Research n.35, p.183-198.
- Hilbert, J (2009). Bioenergía. Revista idia XXI. Año IX - N° 12 - Septiembre de 2009. 109 p.
- Iernanó MJ & SJ Sarandón (2009a). Aplicación del enfoque de la agroecología en el análisis de los agrocombustibles: el caso del biodiesel en argentina. Revista Brasileira de Agroecología, ISSN: 1980-9735, V.4, N.1, P.4-17. Con referato.



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL LITORAL

XVIII
JORNADAS
DE
JOVENES
INVESTIGADORES



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO

- Iermanó MJ & SJ Sarandón (2009b). Análisis de la demanda de energía en tres cultivos oleaginosos de clima templado, según distintos procesos ecológicos. Libro de resúmenes del VI Congreso Brasileiro de Agroecología, II Congreso Latinoamericano de Agroecología, Curitiba, Brasil, 9-12 de noviembre de 2009.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de la República Argentina). Visitada el 14 de marzo. 2006. Online. Disponible en Internet [http:// www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar)
- Ministerio de Asuntos Agrarios (2007). Nuestra Provincia, Nuestro Campo. El sector agropecuario de la Provincia de Buenos Aires. MAA, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. 147 p.
- Moreno, C. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. vol.1, Zaragoza, 2001. 84 pp.
- Ozkan B, A Kurklu & H Akcaoz (2004). An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biomass Bioenergy n.26, p.89-95.
- SAGPYA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la República Argentina). Visitada el 8 de Abril. 2008. Online. Disponible en Internet [http:// www.sagpya.mecon.gov.ar](http://www.sagpya.mecon.gov.ar)
- Swift Mj, Izak Amn, Van Noordwijk M (2004). Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions?. Agriculture, Ecosystems and Environment, n.104, p.113-134.
- Wolf J, PS Bindraban, JC Luijten & LM Vleeshouwers (2003). Exploratory study on the land area required for global food supply and the potential global production of bioenergy. Agricultural Systems n.76, p.841-861.
- Zenter R, Lafond GP, Derksen DA, Nagy CN, Wall DD & May We (2004). Effects of tillage method and crop rotation on non-renewable energy use efficiency for a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. Soil & Tillage Research n.77, p.125-136.